

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-266072

(43)Date of publication of application : 17.10.1995

(51)Int.Cl.

B23K 26/12  
B21C 37/08  
B23K 26/00

(21)Application number : 06-060912

(71)Applicant : NISSHIN STEEL CO LTD

(22)Date of filing : 30.03.1994

(72)Inventor : ASADA HIROSHI  
SOGA SATOSHI  
INOUE SHOJI

### (54) PRODUCTION OF STAINLESS STEEL WELDED TUBE BY LASER BEAM WELDING

#### (57)Abstract:

**PURPOSE:** To obtain a stainless steel welded tube without machining crack by keeping the concentration of nitrogen in the atmosphere nearby a welding point under than the concentration of nitrogen decided with a specific equation corresponding to Cr concentration of a stainless steel plate, temperature of a molten metal and allowable amount of nitrogen of the molten metal.

**CONSTITUTION:** When producing a tube by laser welding both ends in the lateral direction of a stainless steel plate, the concentration of nitrogen in an atmosphere nearby a welding point is kept under than the nitrogen concentration wt.% Nat, decided with an equation corresponding to Cr concentration % Cr (weight %) of a stainless steel plate, temperature of a molten metal  $T^{\circ}\text{C}$ , and the allowable nitrogen concentration amount % Nwm of molten metal. The equation is  $\log(\% \text{Nat}) \leq 2\log(\% \text{Nwm}) - 2 \times (518/T + 1.068) - 2 \times (0.046\% \text{Cr} - 0.00028\% \text{Cr}^2)$ . As the allowable nitrogen concentration % Nwm, a value preliminarily set within the range of 0.005 to 0.035wt.% corresponding to the obtained machining degree of the welded tube is used.

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-266072

(43)公開日 平成7年(1995)10月17日

(51)IntCl <sup>°</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
B 2 3 K 26/12				
B 2 1 C 37/08		F		
B 2 3 K 26/00	3 1 0	J		
		S		

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 5 頁)

(21)出願番号	特願平6-60912	(71)出願人	000004581 日新製鋼株式会社 東京都千代田区丸の内3丁目4番1号
(22)出願日	平成6年(1994)3月30日	(72)発明者	朝田 博 兵庫県尼崎市鶴町1番地 日新製鋼株式会 社加工技術研究所内
		(72)発明者	曾我 聡 兵庫県尼崎市鶴町1番地 日新製鋼株式会 社加工技術研究所内
		(72)発明者	井上 正二 兵庫県尼崎市鶴町1番地 日新製鋼株式会 社加工技術研究所内
		(74)代理人	弁理士 小倉 亘

(54)【発明の名称】 レーザ溶接によるステンレス鋼溶接管の製造方法

(57)【要約】

【目的】 雰囲気から溶接金属に吸収される窒素を抑制し、加工割れの発生がないステンレス鋼溶接管を得る。

【構成】 ステンレス鋼板の幅方向両端部をレーザ溶接して造管する際、溶接点近傍の雰囲気の窒素濃度を、ステンレス鋼板のCr濃度 [%Cr] (重量%)、溶融金\*

\* 属の温度T (°C) 及び溶接金属の許容窒素量 [%N]<sub>許</sub> に応じて次式で定まる窒素濃度 [%N]<sub>実</sub> (重量%) 以下に維持する。許容窒素量 [%N]<sub>許</sub> としては、得られる溶接管の加工度に応じて0.005~0.035重量%の範囲で予め設定された値を使用することが好まし

$$\log([\%N]_{\text{実}}) \leq 2 \log([\%N]_{\text{許}}) - 2 \times (518/T + 1.068) - 2 \times (0.046 [\%Cr] - 0.00028 [\%Cr]^2)$$

(2)

特開平7-266072

1

2

【特許請求の範囲】

【請求項1】 ステンレス鋼板の幅方向両端部をレーザ溶接して造管する際、溶接点近傍の雰囲気窒素濃度を、ステンレス鋼板のCr濃度 [%Cr] (重量%)、\*

$$\log([\%N]_{\text{a}}) \leq 2 \log([\%N]_{\text{m}}) - 2 \times (518/T + 1.068) - 2 \times (0.046 [\%Cr] - 0.00028 [\%Cr]^2)$$

【請求項2】 請求項1記載の許容窒素量 [%N]<sub>m</sub> としては、得られる溶接管の加工度に応じて0.005~0.035重量%の範囲で予め設定された値を使用するステンレス鋼溶接管の製造方法。

【請求項3】 C:0.03重量%以下、N:0.025重量%以下、O:0.03重量%以下及びS:0.02重量%以下に規制したフェライト系ステンレス鋼板を使用する請求項1又は2記載のステンレス鋼溶接管の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、レーザ溶接により加工性や靱性に優れたステンレス鋼溶接管を製造する方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 レーザ溶接は、高エネルギー密度のビームにより溶接方法であることから、従来の溶接法に比較して溶接ビードの幅が狭く、熱影響が小さいことから熱履歴による材料の劣化も抑制される。しかも、極めて狭い面積に熱を集中させるため、溶接速度を高く設定できる。このような特徴を活用し、生産性を向上させるため造管ラインの高速化に適した溶接法として採用され始めている。他方、高純度フェライト系ステンレス鋼では、溶接金属の結晶粒が粗大化することにより靱性が著しく低下する傾向を示す。この傾向は、C、N、O、S等の不純物元素を極低化した高純度フェライト系ステンレス鋼ほど顕著となる。この点、レーザ溶接は、熱影響が小さく溶接部の結晶粒粗大化の程度が小さいことから、フェライト系ステンレス鋼の溶接に適した方法である。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 フェライト系ステンレス鋼は、大気中のガス成分と反応し易いCrを多量に含んでおり、溶接時の加熱により酸化及び窒化する傾向がある。たとえば、大気中から窒素が吸収されると、溶接部に窒化クロムが析出する。窒化クロムにより靱性が著しく低下するため、溶接部が脆くなる。この傾向は、特に高純度のフェライト系ステンレス鋼になるほど顕著に※

$$\log([\%N]_{\text{a}}) \leq 2 \log([\%N]_{\text{m}}) - 2 \times (518/T + 1.068) - 2 \times (0.046 [\%Cr] - 0.00028 [\%Cr]^2)$$

許容窒素量 [%N]<sub>m</sub> としては、得られる溶接管の加工度に応じて0.005~0.035重量%の範囲で予め設定された値が使用される。本発明に従った雰囲気制御は、特にC:0.03重量%以下、N:0.025重量%以下、O:0.03重量%以下及びS:0.02重量

\* 溶融金属の温度T (°C) 及び溶接金属の許容窒素量 [%N]<sub>m</sub> (重量%) に応じて次式で定まる窒素濃度 [%N]<sub>a</sub> (重量%) 以下に維持することを特徴とするレーザ溶接によるステンレス鋼溶接管の製造方法。

※現れる。通常の溶接ではガスシールドを完全にすることにより、溶接部に大気中からガス成分が吸収されることが抑制される。しかし、エネルギー密度が高いレーザ溶接では、溶融金属の温度は、従来のTIG溶接に比較して格段に高く、鉄系金属が蒸発する温度にまで達することがある。昇温した溶融金属は、その温度に応じてガス吸収能が大きく上昇する。

【0004】 たとえば、大気雰囲気においた溶鋼の窒素吸収量は、図1に示すように溶鋼温度に応じて多くなる。TIG溶接では溶融金属がほぼ1800Kに達することから窒素吸収量が240ppm程度であるのに対し、レーザ溶接では溶融金属がほぼ2900Kにも達することから窒素吸収量が300ppm程度まで上昇する。また、同じ2900Kに保持されたステンレス溶鋼であっても、窒素吸収量は、図2に示すようにCr含有量に応じて変わる。ステンレス鋼のレーザ溶接では、シールドガスの窒素濃度をどの程度まで下げればよいかが把握されていないため、過度に窒素濃度を低下させたAr等の不活性ガスでシールドすることが余儀なくされる。或いは、大気からシールドボックスへ侵入する窒素の影響を抑えるため、多量の高純度Arガスを循環させることも考えられる。しかし、高純度Arガスを多量に消費することから、生産コストを上昇させる原因となる。本発明は、このような問題を解消すべく案出されたものであり、母材のCr含有量と許容窒素量との関連でシールド雰囲気窒素濃度を制御することにより、レーザ溶接独自の高いガス吸収能を呈する溶融金属が雰囲気ガスの成分を吸収することを抑制し、健全で靱性に優れた溶接部をもつステンレス鋼溶接管を得ることを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】 本発明は、その目的を達成するため、ステンレス鋼板の幅方向両端部をレーザ溶接して造管する際、溶接点近傍の雰囲気窒素濃度を、ステンレス鋼板のCr濃度 [%Cr] (重量%)、溶融金属の温度T (°C) 及び溶接金属の許容窒素量 [%N]<sub>m</sub> に応じて次式で定まる窒素濃度 [%N]<sub>a</sub> (重量%) 以下に維持することを特徴とする。

%以下に規制した高純度フェライト系ステンレス鋼板のレーザ溶接に適している。この種の高純度フェライト系ステンレス鋼は、特にCrに起因した酸化・窒化傾向が強いことから、雰囲気窒素濃度を制御した効果が顕著に表れる。

(3)

特開平7-266072

3

4

【0006】本発明では、たとえば図3に示した装置を使用し、溶接部をシールドしながらステンレス鋼管を連続的にレーザ溶接する。ステンレス鋼板1は、ロール成形機やロールレス成形機等で円筒状に成形され、シールドボックス2に送り込まれる。シールドボックス2内には一対のスライズロール3が配置されており、ステンレス鋼板1の円筒形状が維持され、板幅方向両端部が互いに突き合わされる。レーザ発振器4から出射したレーザビーム5をミラー6で反射させた後、集光レンズ7でビーム径を絞り、円筒状ステンレス鋼板1の突合せ部に指向させる。シールドボックス2には、Ar等の不活性ガス供給源に接続されたシールドガス供給管8が臨んでいる。シールドガス供給管8の先端は、図示するように集光レンズ7を通過したレーザビーム9を取り囲むフード10に開口させることが好ましい。シールドガス供給管8には流量調節器11が設けられており、制御機構12からの制御信号に基づいてシールドボックス2に送り込まれるシールドガスの流量を調整する。

【0007】シールドボックス2内には、溶接部近傍の位置に窒素センサー13及び温度センサー14が配置されている。溶接雰囲気に含まれる窒素等のガス濃度及び溶接部の温度は、それぞれ窒素センサー13及び温度センサー14で検出され、検出信号として制御機構12に入力される。窒素センサー13に代えて酸素センサーを使用し、検出した雰囲気中の酸素濃度から窒素濃度を推定することもできる。制御機構12には、適正窒素濃度及び

$$[\%N]_n = K \cdot ([\%N]_a / 100)^{1/2} / f_N \cdots (1)$$

【0009】ただし、Kは、雰囲気中窒素と溶融金属中窒素との平衡定数で、 $\log K = -518/T + 1.068$ で表される。また、 $f_N$ は、溶融金属中窒素の活量係数であり、窒素吸収に対するCrの一次影響係数を $e_N$  ※

$$[\%N]_n = K \cdot ([\%N]_a / 100)^{1/2} / e_N \cdot [\%Cr] + r_N \cdot [\%Cr]^2 \cdots (2)$$

式(2)に $e_N = -0.046$ 及び $r_N = 0.0002$  ★と、式(3)が得られる。  
8)を代入し、制御対象である $[\%N]_n$ で整理する ★

$$\log([\%N]_n) = 2 \log([\%N]_a) - 2 \times (518/T + 1.068) - 2 \times (0.046 [\%Cr] - 0.00028 [\%Cr]^2) \cdots (3)$$

したがって、式(3)の値より $\log([\%N]_n)$ が小さくなるように、シールドボックス2に送り込まれるシールドガスの流量や組成で溶接雰囲気の窒素濃度 $[\%N]_n$ を制御することにより、窒素の吸収量が許容窒素濃度 $[\%N]_n$ 以下に押さえられた溶接部が得られる。この条件下でレーザ溶接すると、得られた溶接管16は、靱性の劣化がない溶接部をもち、加工性に優れた製品となる。

【0010】

【実施例】

実施例1：造管素材として、板厚0.5mm及び板幅9

\*び雰囲気条件に関する設定データが端末機15から予め入力されている。制御機構12は、検出信号を設定データと比較演算し、演算結果を制御信号として流量調節器11に出力する。制御信号に応じた流量でシールドガスが溶接部近傍に送り込まれ、窒素濃度が調整された保護雰囲気下でステンレス鋼板1の突合せ部がレーザ溶接される。そして、シールドボックス2から溶接管16として連続的に送り出される。

【0008】ところで、溶接金属の窒素濃度に伴って延性-脆性遷移温度が上昇し、溶接金属の靱性が劣化する。すなわち、溶接部の割れ発生率は、図4に示すように溶接金属の窒素濃度と密接な関係にある。なお、図4の割れ発生率は、最低温度0℃の雰囲気温度で板厚0.2mm及び外径30mmのフェライト系ステンレス鋼パイプを曲げR120mm及び角度90度に曲げ加工する条件下で求めた値である。図4から明らかなように、加工に耐える靱性を確保するためには、溶接金属の窒素濃度を低下させる必要がある。そこで、図3の装置を使用したレーザ溶接において、シールドボックス2内に窒素濃度が種々異なる雰囲気を維持し、割れ発生率が急激に立ち上がる窒素濃度、すなわち許容窒素濃度 $[\%N]_n$  (重量%)を調査した。その結果、許容窒素濃度 $[\%N]_n$ は、雰囲気中の窒素濃度 $[\%N]_a$  (重量%)、溶融金属の温度T(℃)及びステンレス鋼板1のCr含有量 $[\%Cr]$  (重量%)と密接な関係があり、式(1)で表されることが判った。

※ ( $= -0.046$ )、二次影響係数を $r_N$  ( $= 0.00028$ )とすると、 $\log f_N = e_N \cdot [\%Cr] + r_N \cdot [\%Cr]^2$ で表される。したがって、式(1)は、式(2)に変換される。

★と、式(3)が得られる。

3mmの低C、N-18Cr-0.5Nb-0.5Cu系の高純度フェライト系ステンレス鋼板を使用した。このステンレス鋼板について、N<sub>2</sub>の配合割合を変化させたAr雰囲気をシールドガスとして使用し、平板にビードオンプレート溶接する方法によって溶接部を作製した。曲げR1.0mm及び試験温度0℃、10℃で溶接後の試験片を曲げ加工したとき、窒素吸収量と曲げ加工限界温度との間に図5に示す関係が成立していた。ステンレス鋼板をロールレス造管法で円筒状に成形し、板幅方向両端部をレーザ溶接することにより、直径30mmの溶接管を製造した。溶接管に最低温度0℃の曲げ加工

(4)

特開平7-266072

5

6

を施すことから、溶接金属の許容窒素濃度を300ppmに設定した。そして、溶融金属が最高で2900℃に到達するものと仮定し、本発明で規定した式に従って溶接部近傍にある雰囲気窒素濃度を制御した。

【0011】雰囲気窒素濃度が溶接金属の窒素濃度に与える影響を調査したところ、表1に示すように、本発明で規定した関係式を満足する条件下でレーザ溶接したものでは、溶接部の窒素濃度が300ppmより十分に低くなっていた。そのため、温度0℃で曲げ加工を施した場合でも、加工割れの発生が検出されなかった。他 \*10

\*方、窒素濃度が高い雰囲気下でレーザ溶接した比較例では、溶接金属の窒素濃度が許容値300ppmを超える値を示し、曲げ加工後に割れが多発した。この対比から明らかなように、本発明で規定した関係式に従って雰囲気窒素濃度を抑制することにより、溶接部の窒素濃度が低下し、加工割れが発生しない良好な溶接部をもつ溶接管が得られることが確認された。

【0012】

【表1】

表1： 雰囲気窒素濃度が溶接部の窒素濃度及び加工割れに与える影響

ロット No.	雰囲気窒素濃度 (ppm)	溶接部の窒素濃度 (ppm)	加工割れ発生率 (%)	備考
1	700	285	0	本発明例
2	770	280	0	"
3	1250	380	25	比較例
4	1050	320	5	"

【0013】実施例2：造管素材として、板厚1mm及び板幅131.3mmの低C、N-22Cr-0.5Nb-0.5Mo系の高純度フェライト系ステンレス鋼板を使用した。このステンレス鋼は、最低温度0℃で20%の拡管加工を施す場合、許容窒素濃度が200ppmであった。そこで、レーザ溶接時に溶融金属の温度を測定しながら、本発明で規定した関係式が満足されるように雰囲気窒素濃度を制御した。得られた溶接管は、表※

2※2に示すように、最低温度0℃で20%の拡管加工によっても加工割れを発生することがない加工性に優れた製品であった。他方、窒素濃度が高い雰囲気下で溶接した比較例では、同じ拡管加工を施したとき5%以上の発生率で加工割れが生じた。

【0014】

【表2】

表2： 雰囲気窒素濃度が溶接部の窒素濃度及び加工割れに与える影響

ロット No.	雰囲気窒素濃度 (ppm)	溶接部の窒素濃度 (ppm)	加工割れ発生率 (%)	備考
1	350	170	0	本発明例
2	320	185	0	"
3	460	210	5	比較例
4	520	230	20	"

【0015】実施例3：造管素材として、板厚1mm及び板幅87.3mmの低C、N-30Cr-0.5Nb-2.0Mo系の高純度フェライト系ステンレス鋼板を使用した。このステンレス鋼は、最低温度10℃で管端フレア加工を施す場合、許容窒素濃度が150ppmであった。そこで、レーザ溶接時に溶融金属の温度を測定しながら、本発明で規定した関係式が満足されるように雰囲気窒素濃度を制御した。得られた溶接管は、表2

に示すように、最低温度10℃で管端フレア加工によっても加工割れを発生することがない加工性に優れた製品であった。他方、窒素濃度が高い雰囲気下で溶接した比較例では、同じ管端フレア加工を施したとき40%以上の発生率で加工割れが生じた。

【0016】

【表3】

(5)

特開平7-266072

表3: 雰囲気中の窒素濃度が溶接部の窒素濃度及び加工割れに与える影響

ロット No.	雰囲気中の窒素濃度 (ppm)	溶接部の窒素濃度 (ppm)	加工割れ発生率 (%)	備考
1	190	130	0	本発明例
2	200	125	0	"
3	300	190	100	比較例
4	240	175	40	"

【0017】

【発明の効果】以上に説明したように、本発明においては、溶接管にパルジ加工、フレア加工等を施す際の加工条件に応じて予め定まっている許容窒素濃度を、母材のCr濃度及び溶融金属の温度と共に制御ファクターとして取り込んで、レーザ溶接時に生じている溶融金属が曝される雰囲気中の窒素濃度を制御している。これにより、形成された溶接部の窒素濃度は許容窒素濃度以下に維持され、加工割れ等の欠陥発生がない加工性に優れた溶接管が得られる。しかも、雰囲気中の窒素濃度を極端に低下させた不活性ガスの使用や、雰囲気中の窒素濃度を希釈するため多量の高純度不活性ガスを連続供給する必要がある\*

10\* ないので、多量の不活性ガス消費に起因した生産コストの上昇を招くことなく、レーザ溶接本来の高速造管性が十分に活用される。

【図面の簡単な説明】

【図1】 溶鋼温度が窒素吸収量に与える影響

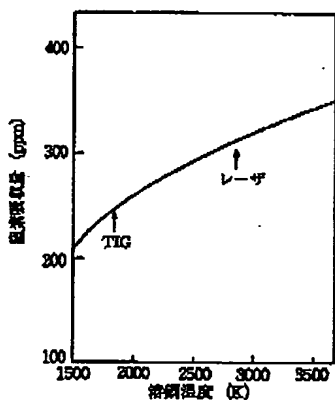
【図2】 Cr含有量が窒素吸収量に与える影響

【図3】 シールドボックスを備えたレーザ溶接による造管ラインの一部

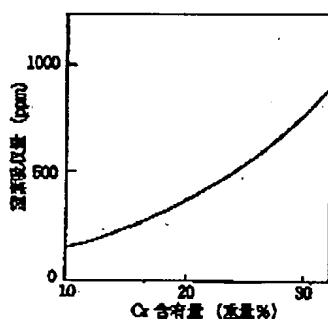
【図4】 溶接金属の窒素濃度が割れ発生に与える影響

【図5】 実施例1で使用したステンレス鋼の窒素吸収量と曲げ加工限界温度との関係

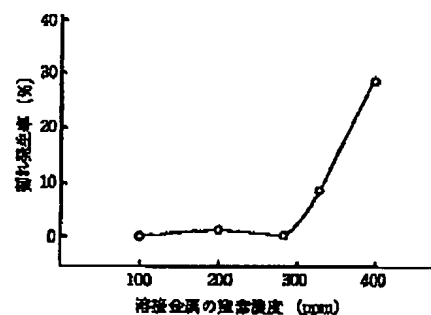
【図1】



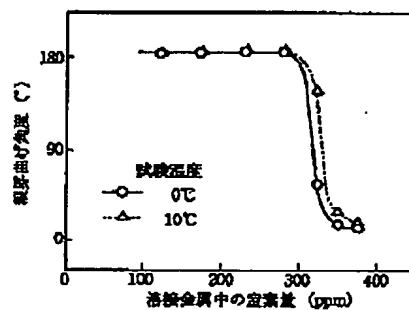
【図2】



【図4】



【図5】



【図3】

